

(43) Date of publication: **03.05.2000 Bulletin 2000/18** (51) Int. Cl.⁷: **G01B 7/30**

(21) Application number: **99203527.9**

(22) Date of filing: **25.10.1999**

(84) Designated Contracting States:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
 MC NL PT SE**
 Designated Extension States:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priority: 29.10.1998 DE 19849910

(71) Applicants:
 • **Philips Corporate Intellectual Property GmbH**
52064 Aachen (DE)
 Designated Contracting States:
DE

• Koninklijke Philips Electronics N.V.
5621 BA Eindhoven (NL)
Designated Contracting States:
FR GB

(72) Inventor: Dietmayer, Klaus
52064 Aachen (DE)

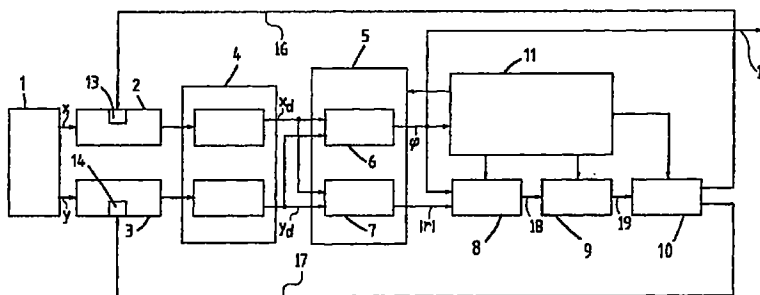
(74) Representative:
Volmer, Georg, Dipl.-Ing.
Philips Corporate Intellectual Property,
Habsburgerallee 11-13
52064 Aachen (DE)

(57) Bei einer Anordnung zur Messung eines Winkels φ zwischen einem Magnetfeld und einem MR-Sensor (1), der wenigstens zwei um 90° zueinander phasenverschobene elektrische Sensorsignale x und y liefert, die einem Analog/Digital-Umsetzer (4) zugeführt werden, dem eine Winkelberechnungsanordnung (6) nachgeschaltet ist wird zur automatischen und kontinuierlichen Offsetkompensation der statischen und dynamischen Offsets in einer Betragsberechnungsanordnung (7) der Sensorsignalebeträge $|x|$ und $|y|$ der beiden

Sensorsignale x und y nach der Formel

$$|r| = \sqrt{y^2 + x^2}$$

und daraus die Änderung des Sensorsignalsbetrages in Abhängigkeit vom berechneten Winkel bestimmt und in Abhängigkeit dieser Betragsänderung eine Offsetregelung der Sensorsignale x und y vorgenommen.



Beschreibung

[0001] Es wird eine Anordnung zur Messung eines Winkels zwischen einem Magnetfeld und einem magnetoresistiven Sensor, der wenigstens zwei 90° zueinander phasenverschobene elektrische Sensorsignale liefert, die einem Analog/Digital-Umsetzer zugeführt werden und dem eine Winkelberechnungsanordnung nachgeschaltet ist, angegeben.

[0002] Derartige Anordnungen zur berührungslosen Winkelmessung werden im Automobilbereich z.B. für die Erfassung des Winkels von Drosselklappen oder des Lenkwinkels eingesetzt. Diese Winkelmessung basiert auf dem magnetoresistiven Effekt. Hierbei wird eine stromdurchflossene ferromagnetische Schicht im Sensor einem Magnetfeld ausgesetzt, wobei sich der Widerstand der Schicht ändert. Durch Verändern der Position des Sensors zum Magnetfeld wird eine Änderung des Widerstandes hervorgerufen. Im folgenden wird ein derartiger Sensor als MR-Sensor bezeichnet.

[0003] In dem Datenblatt UZZ9000 von Philips Semiconductors wird ein System beschrieben, das aus zwei um 90° phasenverschobenen Signalen einen Winkel zwischen einem MR-Sensor und einem Permanentmagneten berechnet. Dieser Sensor enthält zwei ineinander verschachtelte Wheatston'sche Brücken, die in einem Winkel von 45° angeordnet sind und die 90° phasenverschobenen sinusförmigen Signale erzeugen. Diese Wheatston'schen Brücken weisen ein exemplarabhängiges Driftverhalten auf, welches nicht systematisch ist. Diese Brückenschaltungen arbeiten aufgrund von Fertigungstoleranzen der Widerstände nicht völlig symmetrisch, wodurch ein statischer Offset in den Sensorsignalen entsteht. Um die dem mit statischen Offset behafteten Sensorsignale abzugleichen, wird bei dem benannten System bei Raumtemperatur durch Anlegen externer Kompensationsspannungen eine einmalige Kompensation des statischen Offsets vorgenommen. Außerdem entstehen dynamische Offsets durch Temperaturänderung und Aherung während des Betriebs der Winkelmeßanordnung. Diese Offsets verfälschen das Meßergebnis erheblich und werden bei der einmaligen Kompensation nicht berücksichtigt.

[0004] Es ist Aufgabe der Erfindung eine Anordnung anzugeben, die eine automatische Offsetkompensation der statischen und der dynamischen Offsets kontinuierlich vornimmt.

[0005] Diese Aufgabe wird dadurch gelöst, daß in einer Betragabrechnungsanordnung der Sensorsignalsbetrag $|r|$ der beiden Sensorsignale x und y nach der Formel

$$|r| = \sqrt{y^2 + x^2}$$

und daraus die Änderung des Sensorsignalsbetrages in Abhängigkeit vom berechneten Winkel bestimmt werden und daß in Abhängigkeit dieser Betragsänderung eine Offsetregelung der Sensorsignale x und y vorgenommen wird.

[0006] Die erfindungsgemäße Anordnung enthält einen MR-Sensor, der zwei um 90° zueinander phasenverschobene elektrische Sensorsignale liefert, wenn er einem Magnetfeld ausgesetzt wird. Nachdem diese beiden sinusförmigen Sensorsignale analog/digital gewandelt wurden, wird in der Winkelberechnungsanordnung der Winkel zwischen dem MR-Sensor und dem Magnetfeld berechnet. Da diese beiden sinusförmigen Signale orthogonal zueinander sind, läßt sich demzufolge die komplexe Zahlentheorie anwenden, wobei das erste Sensorsignal x beispielsweise den Realteil und das zweite Sensorsignal y den Imaginärteil einer komplexen Zahl oder das Sensorsignal x den Sinus und das Sensorsignal y den Kosinus ein und desselben Winkels darstellen. In der Betragsberechnungsanordnung wird der Sensorsignalsbetrag dieser beiden Sensorsignale berechnet. Außerdem wird bezüglich des berechneten Winkels zwischen MR-Sensor und Magnetfeld auch die Betragsänderung berechnet. Aus dieser Betragsänderung oder auch dem Gradienten bezüglich des Winkels berechnet ein Regler eine Gleichspannung, die steuerbaren Vorverstärkern zugeführt wird, um die beiden vom MR-Sensor kommenden Sensorsignale so zu beeinflussen, daß die Offsets, mit denen die Sensorsignale behaftet sind, abgeglichen werden und sich demzufolge die Betragsänderung bezüglich des Winkels verringert und idealer Weise verschwindet. Die steuerbaren Vorverstärker sind dem Analog/Digital-Umsetzer vorgeschaltet und verstärken das jeweilige vom Sensor zugeführte Signal. In den steuerbaren Vorverstärker wird den Sensorsignalen eine in Abhängigkeit der vom Regler berechneten Offsetwerte von außen zugeführte Gleichspannung additiv überlagert. Damit werden das Meßergebnis verfälschende Offsets abgeglichen, so daß bei der folgenden Betragsänderungsberechnung keine Betragsänderung bezüglich des Winkels vorliegt.

[0007] Ein Vorteil der genannten Erfindung gegenüber dem Stand der Technik besteht darin, daß durch die Betragsänderungsberechnung dynamische Offsets, die durch Alterung und Temperaturschwankung entstehen, während der Messung abgeglichen werden, aber auch die statischen Offsets kompensiert werden, die durch die nicht symmetrische Brückenmittenspannung der im Sensor befindlichen Wheatston'schen Brücken entstehen. Da die Betragsberechnung parallel zur Winkelberechnung in der Berechnungsanordnung erfolgt, ist ein kontinuierlicher Offsetabgleich möglich.

[0008] Bei einer Ausgestaltung der Erfindung erweist es sich als vorteilhaft die Anordnung mit einem Speicher zu ergänzen, in dem die Offsetwerte gespeichert werden, und so bei Beginn einer Winkelmessung einen schnelleren Abgleich der Offsets zu erreichen.

[0009] Der Sensorsignalbetrag wird bezüglich des Winkels differenziert, wodurch hochfrequente Störsignale verstärkt werden, so daß es sich vorteilhaft erweist, die Differentiation mit einer Tiefpaß-Filterung zu koppeln.

[0010] Vorteilhaft kann vorgesehen sein, daß die Sensorsignale erst nach ihrer Analog/Digital-Wandlung mit einem in Abhängigkeit der Betragsänderung berechneten Korrektursignal so beeinflusst werden, daß die Betragsänderung verringert wird und verschwindet.

[0011] Zur Berechnung des Winkels und des Sensorsignalbetrages wird gemäß einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ein CORDIC-Algorithmus benutzt. Der CORDIC-Algorithmus ist ein Approximationsverfahren. Er basiert auf mathematischen Basiskfunktionen, wie Addition und Stellenverschiebung sowie einem Auslesen von Tabellenwerten. Bei der Winkelbestimmung wird ein in der komplexen Ebene durch seine Koordinaten gegebener Zeiger schrittweise gedreht, bis der Imaginärteil verschwindet und der Zeiger nach einer Anzahl von Drehoperationen auf der reellen Achse zum Liegen kommt. Nachdem dieses Abbruchkriterium erreicht ist, erhält man aus der Anzahl der Drehschritte den gesuchten Winkel.

[0012] Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel anhand der Zeichnungen näher erläutert.

[0013] Die einzige Figur der Zeichnungen zeigt ein Blockschaltbild der erfindungsgemäßen Anordnung

Figur 1 zeigt eine Winkelmeßanordnung zur berührungslosen Messung eines Winkels zwischen einem MR-Sensor 1 und einem nichtdargestellten Magnetfeld. Der magnetoresistive Sensor 1 liefert die Sensorsignale x und y. Diese werden je einer Vorverstärkerstufe 2 und 3 zugeführt. Die Vorverstärkerstufen 2 und 3 enthalten Stelleinrichtungen 13 und 14 zur Überlagerung der Sensorsignale mit einer von außen zugeführten, nicht dargestellten Gleichspannung. Diesen Stelleinrichtungen 13 und 14 werden Steuersignale zugeführt, die von den im Regler 10 berechneten Offsetwerten abhängig sind. Nachdem die beiden um 90° phasenverschobenen elektrischen Sensorsignale x und y in den Vorverstärkerstufen 2 und 3 verstärkt wurden, werden die analogen Sensorsignale x und y in digitale Sensorsignale x_d und y_d im A/D-Umsetzer 4 gewandelt. Diese digitalen Sensorsignale x_d und y_d werden jeweils einer Winkelberechnungsanordnung 6 und einer Betragsberechnungsanordnung 7 in einer Berechnungsanordnung 5 zugeführt. In der Berechnungsanordnung 5 sind die Winkel- 6 und die Betragsberechnungsanordnung 7 parallel zueinander angeordnet. In der Winkelberechnungsanordnung 6 wird mit dem CORDIC-Algorithmus aus den zugeführten digitalen Sensorsignalen x_d und y_d der Winkel φ zwischen MR-Sensor und Magnetfeld berechnet, der der Steuereinheit 11, dem Differenzierfilter 8 und dem Ausgang 15 zugeführt wird.

[0014] Die nur auf diesem Wege durchgeführte Winkelberechnung des Winkels φ ist noch fehlerhaft, da die Sensorsignale x und y noch nicht von den Offsets bereinigt sind. Um erfindungsgemäß die Betragsänderung zur Offsetkompensation zu nutzen, wird der Sensorsignalbetrag $|r|$ der Sensorsignale x und y in der Betragsberechnungsanordnung 7 nach der Formel

$$|r| = \sqrt{y^2 + x^2}$$

berechnet. Zur Berechnung des Sensorsignalbetrages $|r|$ wird auch der CORDIC-Algorithmus verwendet. Der Sensorsignalbetrag wird dem Differenzierfilter 8 zugeführt und in Abhängigkeit des berechneten Winkel φ einer Differentiation unterzogen. Das Betragsänderungssignal 18 wird tiefpaß-gefiltert. Nach der Tiefpaß-Filterung wird das gefilterte Betragsänderungssignal 19 dem Regler 10 zugeführt, in dem die Offsetwerte der Sensorsignale x und y berechnet werden. Mit den so berechneten Offsetwerten werden Steuersignale 16 und 17 erzeugt, die den Stelleinrichtungen 13 und 14 zugeführt werden, die in den Vorverstärkerstufen 2 und 3 angeordnet sind, um die Sensorsignale x und y mit einer entsprechenden Gleichspannung zu überlagern und die Offsets abzugleichen. Die Steuereinheit 11 dient der Zwischenspeicherung von Winkelwerten und der Steuerung zeitlicher Abläufe zwischen der Berechnungsanordnung 5 mit der Betragsberechnungsanordnung 7 und der Winkelberechnungsanordnung 6, sowie des Differenzierfilters 8, des Tiefpasses 9 und des Reglers 10.

[0015] Im folgenden werden die mathematischen Zusammenhänge erläutert. Die vom Sensor gelieferten Sensorsignale x und y lassen sich aufgrund ihrer Phasenverschiebung von 90° als Sinus- und Cosinuswert ein und desselben Winkel φ interpretieren. Aufgrund der Orthogonalität der Sinus- und Cosinusfunktionen lassen sich die Werte dann als Real- und Imaginärteil einer komplexen Zahl $z = x + jy$ auffassen; somit sind die Rechenregeln komplexer Zahlen insbesondere die Euler-Beziehung

$$z = x + jy = r \cdot e^{j\varphi} \quad (1)$$

anwendbar. Der gesuchte Winkel φ ergibt sich somit in einfacher Weise aus den Meßsignalen gemäß

$$\varphi = \text{ArcTan}\left(\frac{y}{x}\right) \quad (2)$$

5 [0016] Zur Ermittlung der Offsetwerte wird die Betraginformation herangezogen.
Der Sensorsignalbetrag der Sensorsignale x und y berechnet sich nach

$$|r| = \sqrt{y^2 + x^2}, \quad (3)$$

10 [0017] Falls in keinem der beiden Sensorsignale ein Offset enthalten wäre, x und y also rein sinusförmige Signale wären, besäße die Betragsfunktion keine Winkelabhängigkeit, d.h. es würde gelten:

$$\frac{dr}{d\varphi} = 0. \quad (4)$$

15

[0018] Berücksichtigt man hingegen einen Offset, so erhält man allgemein den folgenden funktionalen Zusammenhang

$$\frac{dr}{d\varphi} = (\Delta x \cdot \cos\varphi - \Delta y \cdot \sin\varphi) \quad (5)$$

mit:

25

Δx = Offset der Brücke x
 Δy = Offset der Brücke y
 φ = Elektrischer Winkel

30 [0019] Gemäß Gl. (5) ist für die bestimmte Winkel (0°, 90°, 180° und 270°) der jeweilige Offset identisch mit der Betragsänderung bezüglich φ (siehe Tabelle 1). Dieser einfache Zusammenhang kann auch noch in einer Umgebung von mindestens +/- 5° um die ausgezeichneten Winkel in guter Näherung angewendet werden. Daher ist es möglich, den bei der augenblicklichen Messung bestimmten Winkel für diese Einordnung zu verwenden. Man ist somit nicht auf eine externe Referenz angewiesen.

35

Tabelle 1: Bestimmung des Offsets bei ausgezeichneten Winkeln

40

Winkel	Offsetparameter
$\varphi = 0^\circ$	$\left. \frac{dr}{d\varphi} \right _{\varphi=0^\circ} = \Delta x$
$\varphi = 90^\circ$	$\left. \frac{dr}{d\varphi} \right _{\varphi=90^\circ} = -\Delta y$
$\varphi = 180^\circ$	$\left. \frac{dr}{d\varphi} \right _{\varphi=180^\circ} = -\Delta x$
$\varphi = 270^\circ$	$\left. \frac{dr}{d\varphi} \right _{\varphi=270^\circ} = \Delta y$

45

50

55

[0020] Da Gl. (5) aber ferner auch linear in den gesuchten Offsetwerten Δx und Δy ist, erlaubt eine Mehrfachmessung der Betragsänderung bei unterschiedlichen, dann aber beliebigen Winkeln φ auch die direkte Bestimmung beider

Offsetwerte. Es sind mindestens zwei unabhängige Einzelmessungen erforderlich. Unter Vernachlässigung anderer Fehlereinflüsse liefern die beiden Brücken folgende offsetbehafteten aber sonst idealen Signale:

$$x = A \cdot \sin \varphi + \Delta x \quad (6)$$

$$y = A \cdot \cos \varphi + \Delta y \quad (7)$$

mit:

- 10 A: gemeinsame Signalamplitude
 φ : elektrischer Winkel
 Δx : Offset der x-Brücke
 Δy : Offset der y-Brücke

- 15 [0021] Die allgemeine Berechnung des Sensorsignalbetrages liefert zunächst:

$$|r| = \sqrt{(A \sin \varphi + \Delta x)^2 + (A \cos \varphi + \Delta y)^2} \quad (8)$$

$$= \sqrt{A^2 + 2A(\Delta x \sin \varphi + \Delta y \cos \varphi) + \Delta x^2 + \Delta y^2}.$$

- 20 [0022] Bildet man hiervon den Gradienten oder die Betragsänderung bezüglich φ , so erhält man

$$\frac{dr}{d\varphi} = \frac{A(\Delta x \cos \varphi - \Delta y \sin \varphi)}{\sqrt{A^2 + 2A(\Delta x \sin \varphi + \Delta y \cos \varphi) + \Delta x^2 + \Delta y^2}} \quad (9)$$

- 30 [0023] Berücksichtigt man nun, daß allgemein $A \gg \Delta x$ und Δy ist und diese Relation mit zunehmenden Abgleich der Anordnung immer besser erfüllt ist, so vereinfacht sich Gl. (9) gemäß Gl. (5)

$$\frac{dr}{d\varphi} = r' = (\Delta x \cdot \cos \varphi - \Delta y \cdot \sin \varphi). \quad (5)$$

- 35 [0024] Auf die direkte Auswertbarkeit dieser Gleichung bei den bestimmten Winkeln (0° , 90° , 180° und 270°) wurde schon hingewiesen (siehe Tabelle 1). Die Ermittlung des Offsets bei beliebigen Winkeln erfordert die Auswertung von mindestens zwei Einzelmessungen der Betragsänderung bei unterschiedlichen Winkeln. Angenommen, es wurde bei den Winkeln φ_1 und φ_2 jeweils der Gradient des Sensorsignalbetrages oder die Betragsänderung ermittelt, so erhält man die zwei linear unabhängigen Bestimmungsgleichungen

$$r'_1 = (\Delta x \cdot \cos \varphi_1 - \Delta y \cdot \sin \varphi_1), \quad (10)$$

$$r'_2 = (\Delta x \cdot \cos \varphi_2 - \Delta y \cdot \sin \varphi_2). \quad (11)$$

- 50 [0025] Subtrahiert man beide Gleichungen und löst unter Anwendung der Additionstheoreme trigonometrischer Funktionen nach Δx bzw. Δy auf, so erhält man:

$$\Delta x = \frac{r_2' \sin \varphi_1 - r_1' \sin \varphi_2}{\sin(\varphi_1 - \varphi_2)} \quad (12)$$

$$\Delta y = \frac{r_2' \cos \varphi_1 - r_1' \cos \varphi_2}{\sin(\varphi_1 - \varphi_2)} \quad (13)$$

[0026] Mit Hilfe einer Look-Up Table lassen sich die trigonometrischen Funktionen ebenfalls sehr effizient ermitteln. Es ist allerdings zu berücksichtigen, daß Gl. (12) und (13) nicht nur bei identischen Winkeln sondern auch bei Winkeldifferenzen von 180° singulär werden. Dies liegt in der Periodizität der Ursprungsgleichung Gl. (5) begründet und ist bei der Implementation entsprechend zu beachten.

[0027] Der Sensorsignalbetrag selbst läßt sich beispielsweise im Rahmen des CORDIC Algorithmus ohne großen Zusatzaufwand mit berechnen. Den Gradienten oder die Betragsänderung bezüglich φ erhält man anschließend z. B. mit Hilfe eines digitalen Differenzierfilters. In diesem Differenzierfilter wird beispielsweise folgende Differenzengleichung ausgeführt

$$y(vT) = x(vT) - (1 + c_0)x((v-1)T) \quad (15)$$

mit :

- 25 $y(vT)$: Ausgangsgröße des Filters zum aktuellen Abtastzeitpunkt
- $x(vT)$: Eingangsgröße des Filters zum aktuellen Abtastzeitpunkt
- $x((v-1)T)$: Eingangsgröße des Filters beim letzten Abtastzeitpunkt
- c_0 : Koeffizient, der die Eckfrequenz des Filters festlegt
- v : Integer
- 30 T : Abtastraster

[0028] Im Differenzierfilter werden mit dieser Differenzengleichung die Differentiation und gleichzeitig die Tiefpaß-Filterung vorgenommen.

[0029] Für Winkel, die die oben genannte Gleichung (5) nicht vereinfachen, ist es notwendig, den Wert des Winkels der vorhergehenden Winkelmessung zu berücksichtigen. Dieser Winkelwert wird deshalb von der Winkelberechnungsanordnung 6 an die Steuereinheit 11 übergeben, wo er gespeichert wird. Mit Hilfe der Gleichungen (12) und (13) lassen sich dann, nachdem ein zweiter Winkel φ_2 berechnet wurde, die Offsetwerte Δx und Δy berechnen.

[0030] Die im Differenzfilter 8 berechnete Betragsänderung oder Gradient $\frac{dr}{d\varphi}$ wird einem Tiefpaß 9 zugeführt um Störungen bzw. hochfrequentes Rauschen zu unterdrücken. Dem Regler 10 wird das gefilterte Betragsänderungssignal 19 zugeführt. Der Regler 10 berechnet dann anhand der Gleichungen (12) und (13) die Offsetwerte des jeweiligen Sensorsignal x und y. Mit Hilfe dieser vom Regler 10 berechneten Offsetwerte werden Steuersignale 16 und 17 generiert, die die Stelleinrichtungen 13 und 14 in den Vorverstärkerstufen 2 und 3 ansteuern. Diese Steuersignale werden den Stelleinrichtungen 13 und 14 zugeführt, die den durch die Offsetwerte verfälschten Sensorsignalen x und y eine Gleichspannung überlagern. Damit wird je nach Genauigkeit der Berechnungen von Winkel und Sensorsignalbetrag in mehreren Schritten ein Offsetabgleich durchgeführt.

Mit dieser Anordnungen zur Messung von Winkeln läßt sich eine genauere Winkelmessung durchführen. Durch diese Anordnung kann die aufwendige und einmalige Kompensation der statischen Offsetwerte, wie sie in der Anordnung im Stand der Technik verwendet wurde, entfallen.

50 Patentansprüche

1. Anordnung zur Messung eines Winkels φ zwischen einem Magnetfeld und einem MR-Sensor (1), der wenigstens zwei um 90° zueinander phasenverschobene elektrische Sensorsignale x und y liefert, die einem Analog/Digital-Umsetzer (4) zugeführt werden, dem eine Winkelberechnungsanordnung (6) nachgeschaltet ist,
dadurch gekennzeichnet,
daß in einer Betragsberechnungsanordnung (7) der Sensorsignalbetrag $|r|$ der beiden Sensorsignale x und y nach der Formel

$$|r| = \sqrt{y^2 + x^2}$$

5 und daraus die Änderung des Sensorsignalbetrages in Abhängigkeit vom berechneten Winkel bestimmt werden und daß in Abhängigkeit dieser Betragsänderung eine Offsetregelung der Sensorsignale x und y vorgenommen wird.

2. Anordnung nach Anspruch 1
dadurch gekennzeichnet,
10 daß dem Analog/Digital Umsetzer (4) steuerbare Vorverstärker (2) und (3) vorgeschaltet sind, welche in Abhängigkeit des Betragsänderungssignals (18) den Sensorsignalen x und y je eine von außen zugeführte Gleichspannung additiv überlagern.

3. Anordnung nach Anspruch 1
15 dadurch gekennzeichnet,
daß die digital gewandelten Sensorsignale mit einem in Abhängigkeit vom Betragsänderungssignals (18) berechneten digitalen Korrektursignal beeinflusst werden.

4. Anordnung nach Anspruch 1
20 dadurch gekennzeichnet,
daß die Betragsberechnungsanordnung (7) in die Berechnungsanordnung (5) integriert ist und die Betrags- und Winkelberechnung parallel erfolgt.

5. Anordnung nach Anspruch 1
25 dadurch gekennzeichnet,
daß die Offsetwerte speicherbar und beim Starten der Anordnung aufrufbar sind.

6. Anordnung nach Anspruch 1
30 dadurch gekennzeichnet,
daß die winkelabhängige Betragsänderung tiefpaß-gefiltert wird.

7. Anordnung nach Anspruch 1
35 dadurch gekennzeichnet,
daß in der Berechnungsanordnung (5) ein CORDIC Algorithmus zur Winkel- und Betragsberechnung anwendbar ist.

8. Anordnung nach Anspruch 1
40 dadurch gekennzeichnet,
daß die winkelabhängige Betragsänderung kontinuierlich berechnet wird.

45

50

55

